

水環境と小都市形成過程：オーストラリア・ ニューサウスウェールズ州と福井地域との比較

服部 勇*
(福井大学教育地域科学部地域環境講座)

1. はじめに

福井県は、水環境としては比較的恵まれている。全県を平均すると、年間降水量はおおよそ2,521mmである。この数字は、全国平均の1.47倍、一人あたりの総降水量は全国平均の2.5倍に達している。年度別水使用量は毎年増加し、例えば、福井県がまとめた「福井県水資源総合計画」(福井県県民生活部生活企画課編集, 1998: 福井県水資源総合計画, 環境と調和した循環型水利用社会の構築, 126p, 福井県)によれば、一人あたり一日の生活用水(家庭用水+都市活動用水)必要量は、昭和55年には347リットルであったのが、15年後の平成7年には426リットルとなり、さらに15年後の平成22年には508リットルに達すると推定される。平成22年の県内の水需要量の見込みは一日あたり589,724m³である。それに対して、供給量の見込みは、おおよそ709,730m³であり、十分余裕がある。工業用水は、生活用水とほぼ同じ量の水需要(平成22年で538,306m³)が見込まれて、供給量は605,300m³と見込まれている。このように、生活用水のみならず工業用水や農業用水、さらには融雪用水にも余裕がある。しかし、これらの数字は、全県を一括して処理した場合の数値であり、地域別にはかなりの差異が認められる。

福井の水は美味しいと言われている。水道水の多くを地下水から汲み上げているからである。本県では水道水源の74%が地下水で、全国第3位の地下水依存率となっている(福井県環境政策課編集, 1997: 福井県環境基本計画, 92p, 福井県)。

最近では、地表水や湖沼水の汚染にとどまらず地下水汚染も座視できない状況になりつつある。例えば、日野川の河川水の生物化学的酸素要求量(BOD)は福武低地に入ると増加し(福井県県民生活部環境政策課編集1998: 公共用水域および地下水の水質の測定結果報告書, 121p, 福井県), 河川汚染が進行していることがわかる。しかしながら、供給量については、上述の数値データから、本県の水資源は比較的潤沢であるといえる。少なくとも、本県では水不足が原因して、大規模集落が移転したとか、都市の発展が妨げられたという状況には至っていない。

世界には、日本のように水資源に恵まれた地域とは全く反対の、常に水不足に悩まされている地域も多々存在する。例えば、南半球と北半球という違いがあるにせよ、日本とほぼ同じ緯度にあるオーストラリアでは事情は全く異なる。水が得られない地域での都市の形成や発展は水が潤沢な地域では想像できない苦労があると思われる。場合によっては水枯渇により集落・都市の発生そのものが制限される。そこで、1999年1月に、日本(福井)に生活する者の視点から、オーストラリアニューサウスウェールズ州(New South Wales, Australia, 以下, NSW)中部において、自然環境、特に水環境が都市(集落)の形成から発展の過程に及ぼす影響について調査した。調査の対象とした都市として、都市形成時の街並みや自然的基盤が残されている可能性が大きい小都市や集落を選んだ。大きく発展した都市、例えば、シドニーなどでは、都市形成時の市街地の範囲をはるかに越えて都市化が進行している。また、中枢管理機能も集積している。都市化の進展と平行して、都市空間の中から自然的要

Key Words: 水環境, オーストラリア, 都市形成

*Isamu Hattori, Department of Regional Environment studies, Fukui University, Fukui 910-8507, JAPAN

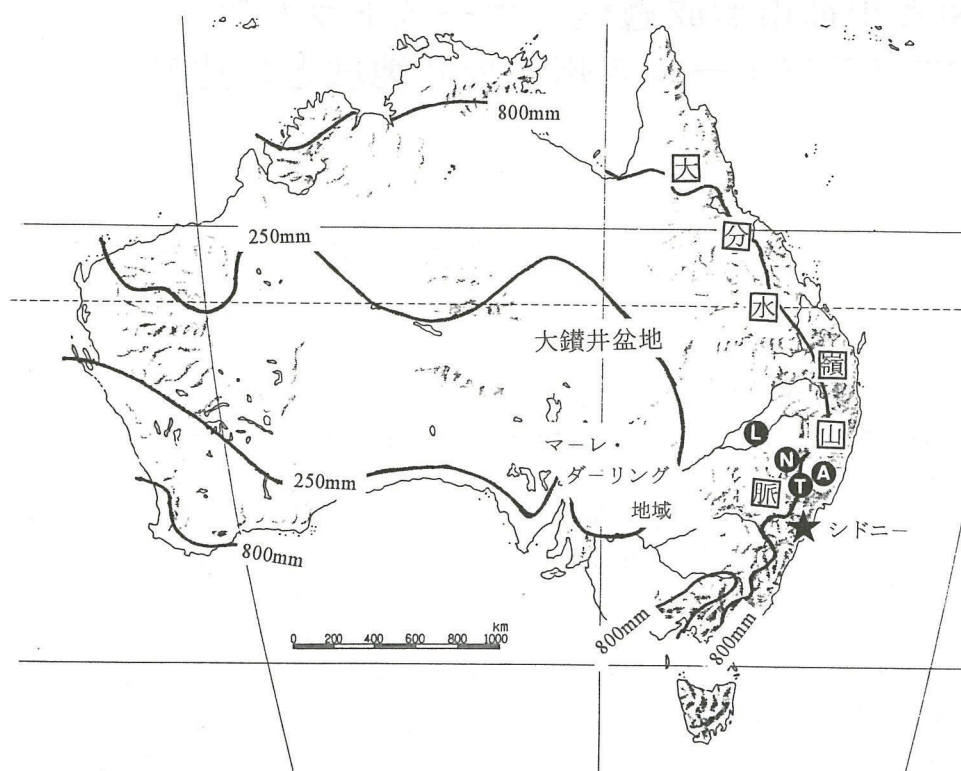


図1：オーストラリア大陸の巨視的地形。今回の調査に関係する地域は大陸東岸の大分水嶺山脈と大鑽井盆地との間にあるダーリング平原とマーレー(ダーリング)盆地である。(出典。二宮書店発行高等地図帳1993年版に一部加筆・修正)。訪問した都市は、タムワース(T), ナラブライ(N), ライトニングリッジ(L), アーミデール(A)。数字(mm)は年間降水量を示す。

素が失われつつある。従って、今回の調査目的、すなわち、都市の形成ならびに発展と水環境などの自然環境との関連性を調べるには不適切であるため、除外した。

2. ニューサウスウェールズの地形と気候

オーストラリアは広大な面積を有しているが、地形的には比較的単純である。山脈と呼べる地形は、オーストラリア東岸の大分水嶺山脈 (Great Dividing Mountains) であり、残りの地域は全体に台地地形であるが、中央のややゆったりとした凹地地形 (Synclise) とその西部のややゆったりとした凸地形 (Anticlise) に区分できる。大分水嶺山脈に接した西側の台地の地形面は、緩やかに西に向かって傾いている (図1)。この台地部分をマーレダーリング地域 (Murray-Darling Drainage Division, 以下M-D地域) と呼ぶ。図1に示された、タムワース (Tamworth), ナラブライ (Narabri), ライトニングリッジ (Lightning Ridge), アーミデール (Armidale) の諸都市 (集落) はM-D地域に属する。これらの都市における水環境やそれらの都市間にある小集落や孤立住宅における水獲得方法に焦点を当てて観察した。なお、調査者はこれらの都市を数年前に1回、ないし2回訪問している。2回の訪問を通して、これらの都市を含むNSW中央部では、砂漠ほどではないが、ほとんど降雨がなく、水環境がきわめて悪い、という印象を持っていた。

NSWは全体に乾燥した地域である。大分水嶺山脈とその東側 (海岸側) は温暖湿潤気候帯あるいは西岸海洋性気候に属するが、西側はステップ気候に区分される。文献等によれば、今回調査したすべての都市はステップ気候下にある。大分水嶺山脈には降雨があるが、ステップ気候下の上記都市ではほとんど降雨がない。M-D地域を平均すると、年間降水量は472mmである。そのうち約95%は蒸発してしまい、河川水として流れていく分は約5%であり、地中に染み込み地下水となる分は1%以下である (Smith, D. I., 1998: Water in Australia, Resources and Management, Oxford Univ. Press, Melbourne, 384p.). タムワースでは年間降水量が400mm, ライトニングリッジでのそれは200mm程度である。なお、シドニーは西岸海洋性気候に属し、2月の平均気温はおおよそ22℃, 7月の平均気温は



写真1：タムワースは北東側と南西側を丘陵に挟まれた低地に形成されている。写真はタムワース郊外で、町はずれの丘陵に給水タンクが設置されている。

12.3℃である。また、年間降水量は1,176.5mmである。なお、東京の年間降水量は1,405.3mm（1961年から1990年までの平均値、国立天文台編、1999、理科年表（机上版）1,058p、丸善株式会社）である。各都市の状況を報告する前に、これらの都市を含むNSWの地形と地盤について概説する。NSWを南北に縦断する大分水嶺山脈は、地質学的には、ニューイングランド造山帯（New England Orogen）が岩盤となっており、日本と同じような造山帯であるが、形成時代が古く、3億年ほど以前に出現した山脈である。この山脈を構成する岩石は数億年前の堆積岩とそれに貫入する花崗岩類である。変成作用や花崗岩の貫入によりニューイングランド造山帯は著しく固化しており、透水性はたいへん悪い。しかしながら、形成後長い時間が経過しており、風化作用などにより地形的に開析、削剝、平坦化が進展しており、高いところでは、1,500mを越える標高を持ちながら、全体的には、ゆったりと波打っ



写真2：一般住宅の庭に設置された水道メーター。このメーターの存在により、有料の公共水道管が敷設されていることがわかる。（タムワース）



図 2 : 1874年当時のタムワースの市街地(右上)と都市計画部(左下, 点線)
 (出典 : Newman, W. and Green, L., 1998; Tamworth, a pictorial history, Halbooks Publishing, Tamworth, NSW, 240p.)

た台地という感じである。

大分水嶺山脈の西側には広大な平地が発達する。この平地は大分水嶺山脈から放出された土砂が堆積してできたものである。シドニー盆地と呼ばれる平地を作る地層の堆積時期は二畳紀（2億5千万年前）、アウトバック（Outback）の平地を作る地層の堆積時期は、白亜紀（6, 7千万年前）である。二畳紀層も白亜紀層も、固結しているものの、全く変形していない（水平なままである）。これらの地層の上を、砂・泥・砂利など現世の未固結層が被覆している。M-D地域の西半分は広義のアウトバックに属する。

3. ニューサウスウェールズ内陸部における水確保

タムワースは細長い盆地状の凹みに建設された中規模都市である（写真1）が、人口数万人を擁するNSW中央部の地域行政の中心地である。タムワースの街の中央部には比較的大きい川（ピール川, Peel River）が流れている。タムワース市街地の両側の山麓部に大きな給水タンクが設置されている。市街地の住宅では、スプリンクラーを用いて散水している。スプリンクラーには使用量を示すメータが接続されており、使用している水が公共用水であることを意味する（写真2）。すなわち、この街には、有料の公共水道が敷設されている。市街地中央部を流れる河川と地下から、動力を用いて、水をタンクへ汲み上げて、そこから配水している。



写真3：ライトニンググリッジのオパール採掘者の住居。いわゆる掘立て小屋であるが、家の右側に、雨水を集める住宅用タンクが設置されている。

記録の上では、タムワースに初めて欧州人が入ったのは1818年である（Newman, W. and Green, L., 1998; Tamworth, a pictorial history, Halbooks Publishing, Tamworth, NSW, 240p.）。1827年に欧州人が定住し始めた。1850年代にはいわゆるゴールドラッシュが始まり、急速に人口が増加した。それに伴い、都市の拡張が必要になり、1850年にはピール川の北東側に碁盤目状の市街地が形成され、さらに1874年には、図面上、ピール川の南西側にも都市開発計画が及んでいる（図2）。タムワースはピール川河岸の町ということもあって、比較的水環境に恵まれており、水確保にはそんなに苦労しなかったと思われる。現在では、地下水や河川水を動力により高台の給水塔まで持ち上げ、そこから市内に配水している。

ナラブライの街は平坦な地形の上に形成されている。市街地の人口は数千名というところである。ナモイ川（Namoi River）が町の中央を流れており、水環境は比較的良好である。この町でも、



写真4：ライトニンググリッジの市街地。
自然発生的なスコッターから格子状都市へと変貌しつつある。



写真5：ライトニンググリッジに新たに設置された給水塔。この存在は、ライトニンググリッジでも必要量の水が確保できることを意味する。

給水塔が設置されており、多くの市街地内の住宅には、給水塔から配水されている。ナモイ川に沿って碁盤目状の街区が形成されている。

ライトニンググリッジは、10数年前までは全くのスコッター(squatter)で、オパール採掘により生計を立てる人たち数十名が生活する場であった。住居は、いわゆる掘立小屋である(写真3)。当時、水をどのようにして獲得していたかは不明であった。5年前に初めて訪れた時には、都市としての整備が始まった時期であった。中央通りに沿った両側に商店や郵便局などを備えた集落ができかけていた(写真4)。お国柄、近くに飛行場もある。今回5年ぶりに訪問した。中央通り沿いの両側1列であった町並みが複数列になっていた。また、中央通りやその延長部からの引き込み道路に沿って荒れ地が

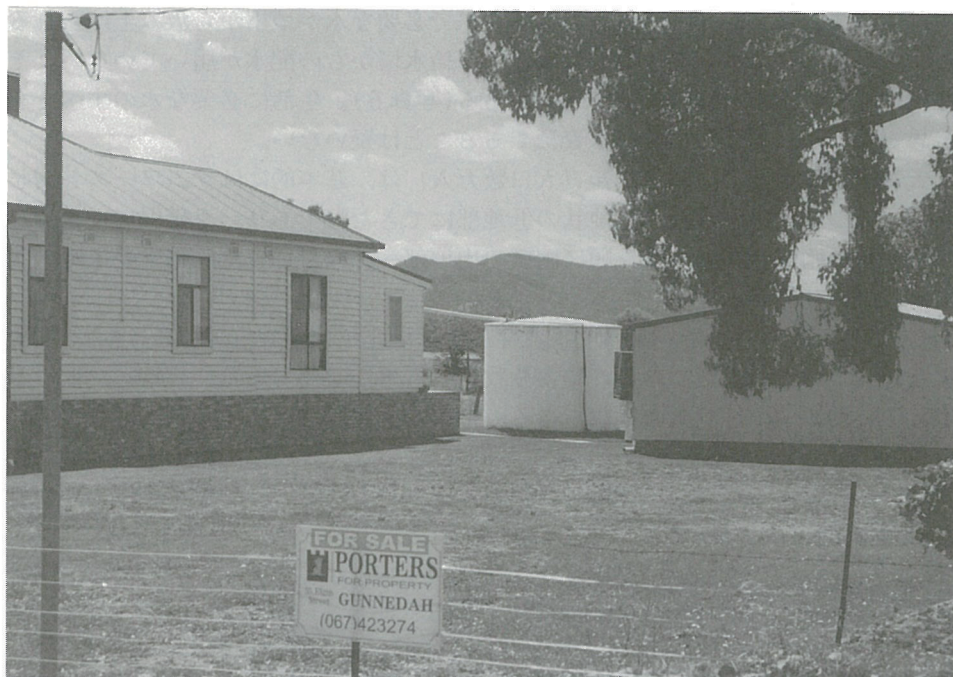


写真6：住宅の屋根から雨水を回収するパイプと集水タンク。(ナラブライ北西)

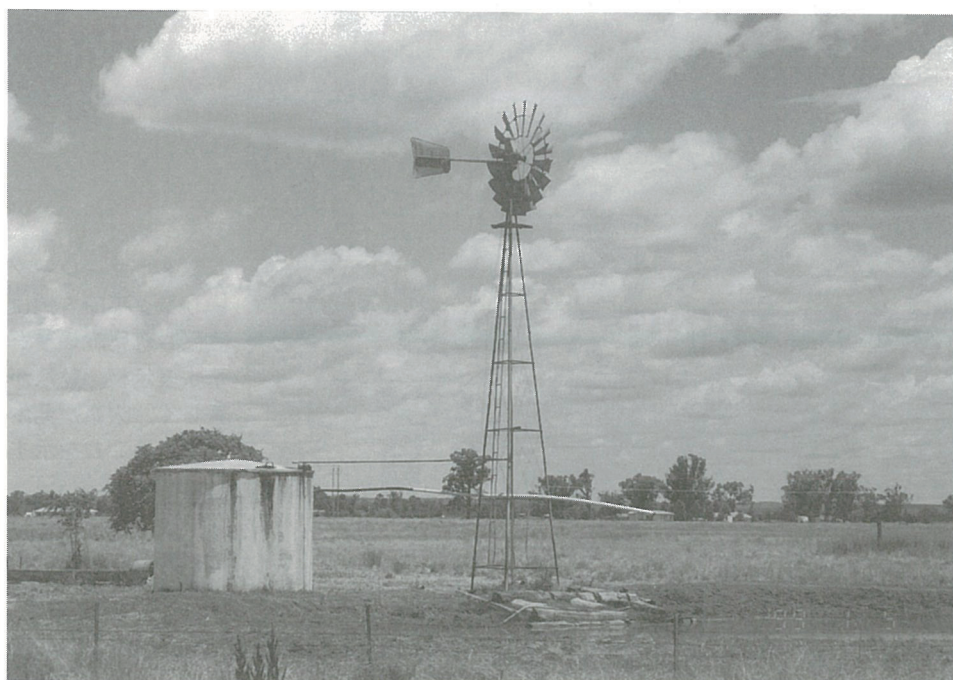


写真7：牧場に設置された風車。風力を利用し、地下水を汲み上げ、上のパイプから左側のタンクへ流し込み、余分な水を下のパイプから牧場の池(右)へ、牛や羊の飲料水としている。(ナラブライ近郊)。

住宅地へと区画整理され、いくつかには既に新住宅が建設されていた。区画割りされ、都市機能の充実が進む市街地の外側の広い範囲はあいかわらず無秩序に立てられた住居が散在しており、一種のスコッターである。ライトニングリッジ全体としては、主要産業を鉱工業生産（オパール生産）と観光産業として、次第に整然とした都市へと変貌しつつあり、現在は、雑然と住居が散在する地区と整然と区画割りされた集落地区が共存している状況である。市街地の定住人口は100名程度であろう。

ところで、ライトニングリッジはステップ気候帯から砂漠気候帯への移行帯に位置し、近くには河川はない。土地は乾燥し、地表面の土砂は砂漠特有の赤色土砂となっている。そのため、水の確保が著しく困難な地域であると想像されるが、新規集落地区には、給水塔が設置されている(写真5)。す

なわち地下水が採取できるのである。なぜライトニングリッジで必要な水が地下から汲み上げられるのかについては、後述する。なお、スコッター地区の住宅には給水塔からの配水が届いていない。そのような住居では、屋根に降った雨水を回収するタンクがある(写真6)。生活に必要な水のすべてを雨水に頼っているとも思えないが、雨水が重要な水資源であることは疑いない。

ニューイングランド大学が位置するアーミデール(人口数万人)は、基本的にはタムワースと同じ水環境にある。すなわち、二つの河川が流れる盆地状の低地部にできた町であり、水確保には苦勞していない。住宅地形成も河川の両側から始まり、順に両側の山地部へ拡大してきた。都市発生時の状況を思い起こさせる痕跡は失われている。

NSWにはこれらの都市以外にさらに小さい集落や孤立住居が広い平原に散在している。また、広大な牧場には牛や羊が放牧されている。当然これらの集落や牧場にも水は必要である。観察したところ、二つの方法で水を採取していた。一つは雨水の回収である。都市外の住居には必ず雨水を回収するタンク(直径2m、深さ1.5m程度以上)が設置されていた(写真6)。また、牧場には風車が立てられており、その横には水タンクや池がある。風力を利用して地下水を汲み上げており、家畜や住人の飲料水として利用していた(写真7)。



写真8：マーレーダーリング平原各地に設置された乾燥度を示す表示板。乾燥が著しく、火事が発生しやすいことを示す。(ナラブライ近郊)

4. ニューサウスウェールズ内陸部の水環境

さて、問題は、乾燥地帯(写真8)でなぜ局部的にせよ地下水が豊富に存在するかということである。今回調査したM-D地域では、ほんのちょっとした凹地(通常の自動車運転中には気づかない程度の凹地である)を走る道路には、「洪水時冠水に注意(Road Subject to Flooding)」という表示板が至る所に設置されている(写真9)。また、数カ所では、過去数日全く雨が降っていないのに、道路や道路脇に水があふれている(写真10)。この現象は、①降った雨はそのまま溜まってしまう。②地下水が非常に浅く、場所によっては染み出ている、ことを意味する。地形観察やわずかに存在する道路の切り割りの観察によると(写真11)、この地域はほぼ平坦な岩盤(不透水層)が非常に浅いところに広く存在し、その上に薄く土砂が堆積していることが判明した。次のような事実もある。この地域はユウカリの木が多く、至る所で、それらの倒れた現場を見ることができる。倒木したユウカリの根は横に広がっており、日本の樹木のように縦にのびた根を持たない。ユウカリの根は岩盤に遮られ、下に



写真9：マーレーダーリング平原に敷設された道路沿いに設置された「道路冠水注意」の表示。降雨がほとんど地下へ浸透しないことを示す。(ライトニングリッジ南東)

は伸びずに、ほぼ水平に広がっていたことが分かる。

M-D地域は、乾燥気候であり、基本的には、降雨量が少なく、蒸発する方が多い。そのため、クリークなどは枯れ川（ワジ）となっている。たまに降雨があると、岩盤が浅いところまで来ているため、道路がたちまち冠水する。しかし、地盤には保水力がなく、また、乾燥が激しいため、地下水として地域一帯に一樣に滞留するとは思えない。風車等で汲み上げている地下水の起源はこの地域に降った雨ではない。

そこで、NSWの地形と気候を再度吟味してみる。大分水嶺山脈には年間800mmを越える雨が降る。この山脈の西斜面に降った雨は、すべて西側の平原（今回調査したM-D地域）に流れる。平原の表面はゆっくりと西に傾いており、そこを流れる河川の流速もたいへん遅い。乾燥気候下にあるため、水



写真10：快晴が続いているのに、道路に溢れ出ている水。地下水位が高く、水圧も高いことを示す。(アーミデール近郊)

は地中を流れる場合を除いて、一般に地表の河川は枯れ川となってしまう。幸いなことに、地下の不透水層の凹凸によって地下水が集まってくる盆地状の低地では地表を、河川として、水が流れる。地表を流れなくても、地下の不透水層に凹凸がある場合には、凹部を地下水が流れる。この水は風車で汲み上げることができる。大分水嶺山脈は標高1,500mに達する山々が存在するが、西側の平原はライトニングリッジに向かってゆっくりと標高を下げ、ライトニングリッジ付近では標高が数100mになってしまう。高い所に降った雨が、地中浅くを地下水となって西に流れ、場所によっては地表に溢れ出しているのであろう(写真12)。ライトニングリッジよりさらに西や南では、溢れ出た水が巨大な沼地となっている。この現象はオーストラリアの大鑽井盆地の基本的特徴である(図3)。



写真11：アーミデールにある道路の切り。褶曲した岩盤の上面は平坦化され、その表面に薄く表土が重なる。このような地盤には全く降雨は地下に浸透せず、地表にとどまるかあるいはわずかな低地に向かって移動する。



写真12：マーレーダーリング平原にある巨大な溜め池。溢れ出た地下水を溜めており、池は大変浅い。(ナラブライ西)

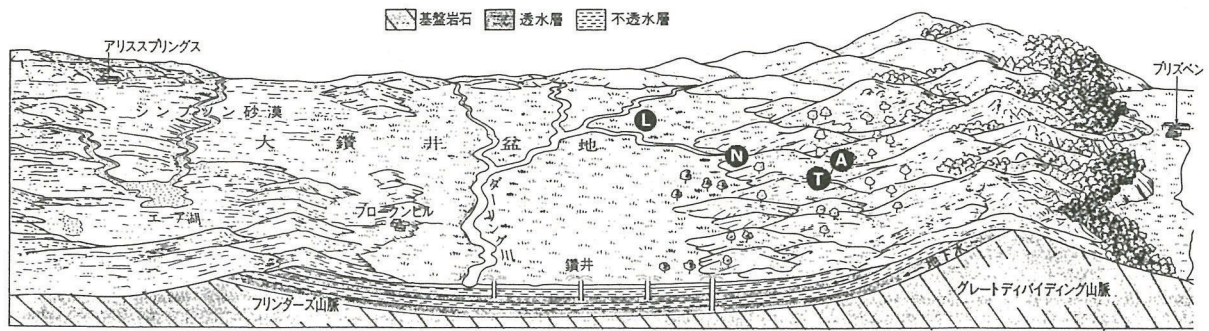


図3：オーストラリアの大分水嶺山脈と大鑽井盆地の関係および地下水の流れを示す概念図。大分水嶺山脈(グレートディバイディング山脈)に降った雨は地下水となって西に向かい、大鑽井盆地で自噴する。(出典：二宮書店発行高等地図帳 1993年版に一部加筆・修正)。本文で紹介された都市の自然環境に類似した地域をT(タムワース)、N(ナラブライ)、L(ライトニングリッジ)、A(アーミデール)で示す。

今回調査したNSW中部は、オーストラリア建国以前には、アボリジニの生活の場であり、上記の都市もアボリジニ集落から発展したと見ることもできる。例えば、タムワースでは、白人入植以前にはアボリジニが生活しており、1840年代には約250人のアボリジニがいた。1818年から1833年までは白人による探検とスコッターの時代であったが、1834年からAustralian Agricultural Companyによる都市整備・開発が行われ、現在のタムワースの基礎が作られた(Newman, W. and Green, L., 1998: Tamworth, a pictorial history, Halbooks Publishing, Tamworth, NSW, 240p.)。

今回の観察から、タムワース、ナラブライ、アーミデールは、水流豊富で、年間を通して枯れ川にならない河川に沿って形成されたアボリジニ集落を西洋型低層住居が置き換えながら発展した都市である。動力を利用することによって地下水脈から必要量の水の確保が可能となったライトニングリッジは、区画整理された(基盤目状に住居棟を配置した)都市へと変貌しつつある。ライトニングリッジの今後の都市発展は地下水をどの程度利用できるかに依存している。M-D地域での都市の発展は、雨水の利用や風車による地下水の汲み上げ、という原始的な状態から、動力を用いた河川水や地下水の利用へという変化と道を同じくしている。水環境が悪い地域へは水が豊富な遠くの地域からパイプラインで送水している例もあるが、送水量や送水距離には限度がある。動力を使っても自前で十分な量の水が確保できない環境にある集落は都市計画による市街地整備はもちろん、大規模都市への発展はきわめて困難である。

いままで、水環境と都市の発展という問題について、水量の確保という観点から見てきた。近年注目を浴びているのは、水量の確保より水質の問題である。水質の問題とは、タムワースやアーミデールを含むNSWでの土壌中の塩分濃度の上昇や河川水中の溶存固体成分(TDS, total dissolved solids)の上昇である。質のよい水とはTDSが1リットルあたり500mg以下といわれる。それがM-D地域では、1,500mgを越える河川が半数近い(Smith, D. I., 1998: Water in Australia, Resources and Management, Oxford Unvi. Press, Melbourne, 384p.)。今後の都市発展は供給できる水の量と質の両方の観点から議論する必要がある。

5. 福井地域との比較

福井地域の山間部では、上水道が敷設されておらず、谷からの水を消毒して利用している集落が存在する。このことは、谷水が比較的安定して流れ、ある程度頼りになることを示している。そのため谷の出口ごとに小集落が形成される。山間部では、地形の支配が強く、基盤の目状の集落にはなりやうがない。都市部でも、その発生期には水の確保の容易さと地形に支配されて、全体としては無計

画的であったのであろう。

福井地域の平野部でも、河川に沿って集落が分布する。市部では区画整理等により規格化された街並みができている。しかし、発生時の状況を残している歴史の長い街並みは、住居や道路が幾何学的に配置されていない。全体としては水路に沿って配置されているが、個々の住居のサイズ、向き、および道路配置などは、どちらかという、場当たりのものである。

一方、M-D地域では谷水は全く当てにならない。そのため、常時安定的に水を保持する大河川の沿線と、汲み上げ可能な地下水脈上の地域にしか集落は発生しない。地形は平坦であり、地形に支配されることなく、自由に住宅等を配置できる。そのために小集落でも計画都市の様相を持っている。

M-D地域などでは、アボリジニ集落から始まっても、西洋人の入植と同時に西洋タイプの集落、すなわち、碁盤の目状に引かれた道路と同サイズの住居群、に置き換えられてしまっている。これは、西洋人がアボリジニ時代の集落配置よりも機能を重視した西洋的合理的集落を好んだことによる。一方、福井などでは、M-D地域に見られたような、アボリジニ社会から西洋人社会へというような大きな転換がなかったこと、および、福井人のみならず日本民族が、先祖代々の伝統あるいは文化に愛着を残し大改革を敬遠したこと、などが原因の一端であろう。近代になって建設された、歴史的背景を持たない新興住宅地などでは、西洋型の碁盤の目構造が一般化しているのはこの辺りの事情によるのであろう。

このような観察は、福井地域の歴史ある集落とM-D地域の集落の間に見られる形態の相違は、①水獲得の容易さ、②地形支配の激しさ、および③国民性(文化)、の3つに起因する部分が多いことを示している。

謝 辞

この調査の報告をまとめるに当たり、教育地域科学部地域環境講座杉浦和子氏には、いろいろご助言を頂いた。また、京都大学大学院工学研究科（建築）布野修司氏には、研究の過程でお世話になった。記して感謝する。